

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
28. Dezember 2000 (28.12.2000)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 00/79137 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>:  
F16B 5/00, 15/00, B29C 65/56

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): AESCHLIMANN, Marcel [CH/CH]; Haus zur Laube, CH-2514 Ligerz (CH). MOCK, Elmar [CH/CH]; Au Balcon des Alpes, CH-1955 Salvan (CH). TORRIANI, Laurent [CH/CH]; Rue de la Loge 29, CH-2502 Biel (CH).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/CH00/00328

(74) Anwalt: FREI PATENTANWALTSBÜRO; Postfach 768, CH-8029 Zürich (CH).

(22) Internationales Anmeldedatum:  
16. Juni 2000 (16.06.2000)

(81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.

(25) Einreichungssprache:

Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache:

Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

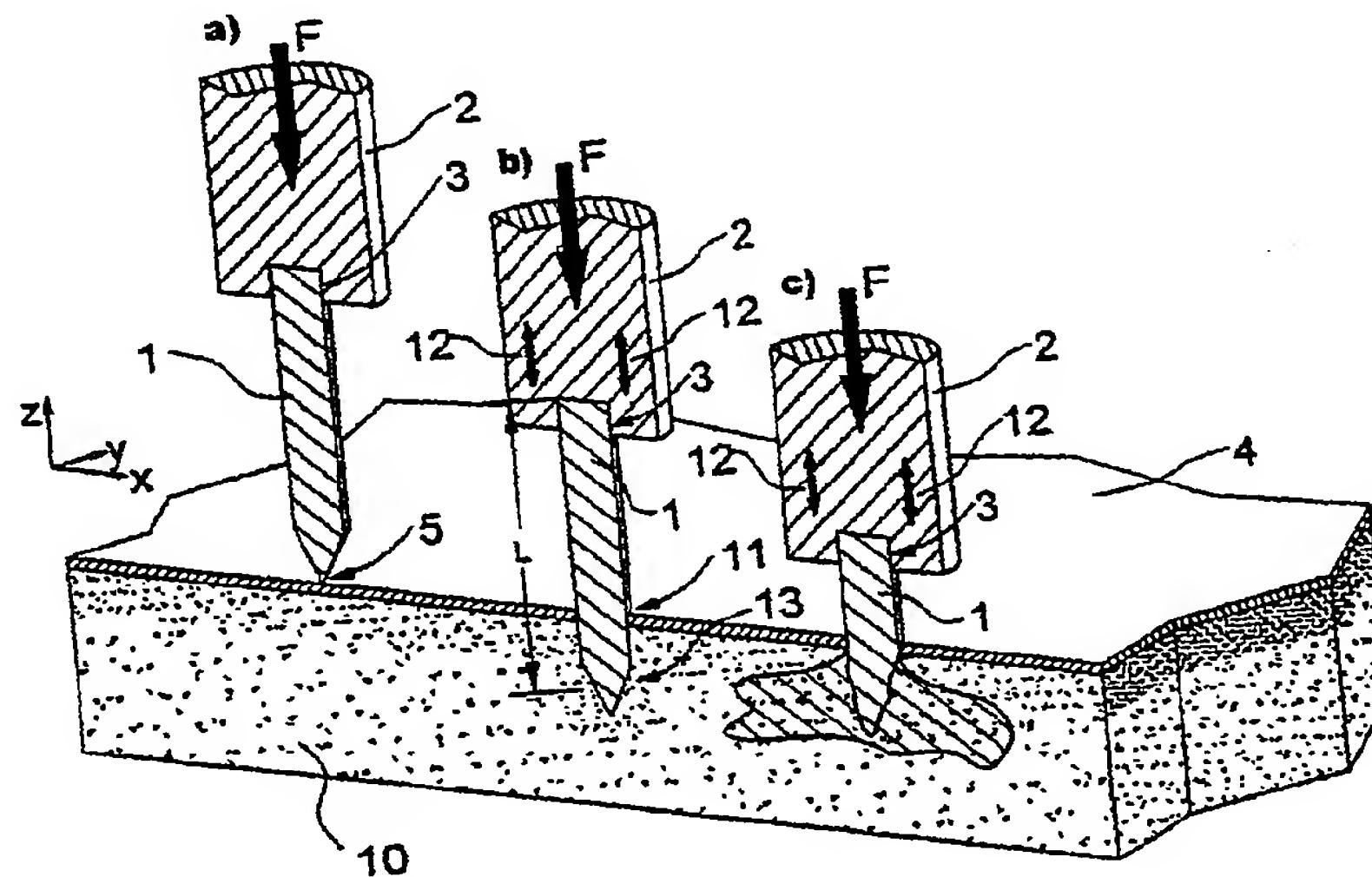
1137/99 18. Juni 1999 (18.06.1999) CH

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): WOODWELDING AG [CH/CH]; Bodmerstrasse 7, CH-8002 Zürich (CH).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: INTEGRAL JOINING

(54) Bezeichnung: STOFFSCHLÜSSIGES VERBINDEN



(57) Abstract: The invention relates to a method for integrally joining bodies (41, 50, 51, 65, 66) by thermally melting a joining element (1, 20, 30, 52, 67, 75, 80). The joint element (1, 20, 30, 52, 67, 75, 80) acts on and penetrates a surface (4, 40, 59) of one of the bodies (41, 50, 51, 65, 66) with a directed force (F). Once the surface has been penetrated, mechanical excitation is generated in such a way that the joint element continues to advance as a result of the directed force (F) and the melting is maintained with the mechanical excitation while the joint element (1, 20, 30, 52, 67, 75, 80) continues to penetrate the body (41, 50, 51, 65, 66). The melted material is hereby hydraulically forced into the bodies (41, 50, 51, 65, 66).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 00/79137 A1



**(84) Bestimmungsstaaten (regional):** ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

— *Mit internationalem Recherchenbericht.*

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

---

**(57) Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Verbinden von Körpern (41, 50, 51, 65, 66) mittels dem thermischen Aufschmelzen eines Verbindungselementes (1, 20, 30, 52, 67, 75, 80). Das Verbindungselement (1, 20, 30, 52, 67, 75, 80) wirkt mittels einer gerichteten Kraft (F) auf eine Oberfläche (4, 40, 59) von einem der Körper (41, 50, 51, 65, 66) und durchdringt diese aufgrund der gerichteten Kraft (F). Im eingedrungenen Zustand wird eine mechanische Anregung derart erzeugt, dass, während dem weiteren Eindringen des Verbindungselementes (1, 20, 30, 52, 67, 75, 80) in den einen Körper (41, 50, 51, 65, 66), der Vorschub über die gerichtete Kraft (F) und das Aufschmelzen durch die mechanische Anregung aufrecht erhalten wird und damit aufgeschmolzenes Material hydraulisch in die Körper (41, 50, 51, 65, 66) verdrängt wird.

## STOFFSCHLÜSSIGES VERBINDEN

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Verbinden von mehreren Körpern mit Verbindungselementen.

Das rationelle Verbinden von Teilen in der industriellen Fertigung stellt eines der Hauptprobleme dar. Speziell poröse Materialien wie Holz, Presspahnlatten, poröse Steine oder andere Materialien sind nur schwer zu verarbeiten. Neben den gängigen Methoden die auf mechanischen Befestigungselementen beruhen sind auch andere Techniken bekannt. Beispielhaft sei hier das Verkleben erwähnt.

Thermische Verfahren, die auf dem Aufschmelzen von gewissen Materialien beruhen, erfreuen sich immer gröserer Beliebtheit. Bei diesen werden die zu verbindenden Oberflächen z.B. unter Reibung gegeneinander gedrückt, sodass entweder einer der Grundstoffe der zu verbindenden Teile, oder ein weiterer Stoff, aufgrund der Reibwärme aufgeschmolzen wird, wodurch die Teile fest miteinander verbunden werden. Die heute bekannten Verfahren weisen verschiedene Nachteile auf. Mechanische Verbindungen, wie Schrauben oder Nägel, die primär auf Form- oder Reibschluss beruhen, sind z.T. aufwendig zu verarbeiten, weisen eine hohe Kerbwirkung auf, reißen leicht aus oder lockern sich im Laufe der Zeit. Speziell erwähnt sei hier die Problematik von ausreissenden oder sich lösenden Befestigungspunkten in Möbeln aus Presspahnlatten oder ähnlichen Materialien. Dies ist auf die zu hohen Spannungs- und die ungünstigen Lastkonzentrationen zurückzuführen.

Das seit alters her bekannte Nageln weist einen signifikanten Vorteil auf: Ein Nagel kann einfach und ohne zusätzliche Vorbereitung in sehr kurzer Zeit verarbeitet werden. Der Nachteil besteht jedoch darin, dass es sich bei einem Nagel um eine Verbindung handelt die nur auf Reibschluss basiert und daher nur relativ gering belastet werden kann. Zudem führen diese Verbindungen, aufgrund der Verdrängung des Grundmaterials, oft zum Spalten der zu verbindenden Teile.

Stoffschlüssige Verbindungen, wie sie beispielsweise durch Kleben entstehen, neigen nicht zum Spalten der zu verbindenden Teile, zeichnen sich jedoch durch andere Nachteile aus. Diese bestehen beispielsweise in den langen Haltezeiten die beim Zusammenfügen der Teile notwendig sind, der geringen Eindringtiefe des Klebstoffes in die zu verbindenden Teile oder den schwer kontrollierbaren Klebstoffmengen (wegfliessen).

Thermische Verfahren, die auf dem Aufschmelzen von Materialien beruhen, weisen hinsichtlich einer rationellen Verarbeitung tendenziell in die richtige Richtung und lassen sich grob in zwei Gruppen aufteilen. Die erste Gruppe besteht darin, dass bspw. die Oberflächen zweier Teile, wovon eines aus einem thermoplastischen Kunststoff besteht, gegeneinander gepresst und parallel (relativ) zueinander bewegt werden, sodass Reibungswärme entsteht. Der dadurch aufgeschmolzene Kunststoff bildet nach dem Erkalten eine materialschlüssige Verbindung zwischen den beiden Teilen. Diese ist jedoch in der Praxis auf die Oberfläche der Teile beschränkt ist. Die Eindringtiefe des aufgeschmolzenen Materials und die Anpressdrücke sind stets gering, wodurch diese Verbindungen nur sehr begrenzt belastbar sind. Eine entsprechende Anwendung ist beispielsweise aus GB 2 061 183 bekannt.

Die zweite Gruppe der thermischen Verfahren beruht darauf, dass bspw. Dübel oder ähnliche Elemente, typischerweise aus schmelzbarem Kunststoff, in vorgängig ge-

fertigte Bohrungen gesteckt werden und anschliessend durch mechanische Anregung und Druck aufgeschmolzen werden. Ein entsprechendes Verfahren ist bspw. aus PCT/EP95/02527 bekannt. Signifikant ist hierbei, dass die zu verbindenden Teile für die Aufnahme der Dübel zwingend vorgebohrt bzw. vorgebahnt werden müssen bevor der Dübel in die Bohrung eingesetzt und mit den Seitenwänden an vorbestimmten Stellen (gewisse Bereiche am Bohrungsende und entlang des DüBELS) durch Aufschmelzen verbunden werden können. Die dazu notwendige thermische Energie wird durch Strahlung oder mittels Ultraschall angeregter Reibung erzeugt. Durch das erforderliche (präzise) Vorbohren, handelt es sich hierbei um ein Verfahren das mehrere Arbeitsschritte erfordert.

Es ist Aufgabe der hier diskutierten Erfindung, ein Verfahren aufzuzeigen mittels dem Verbindungen zwischen Körpern rationell hergestellt werden können, wobei schädliche Spannungskonzentrationen vermieden und eine optimale Lasteinleitung selbst in stark porösen Materialien erreicht wird. Die Aufgabe wird durch die in den Patentansprüchen definierte Erfindung gelöst.

Die hier offenbarte Erfindung beruht auf einem Verfahren zur Verbindung von porösen Materialien bzw. zur Verankerung von Lasteinleitungspunkten in porösen und anderen Materialien. Die durch dieses Verfahren erzeugten Verbindungen beruhen auf Stoff- und Formschluss. Verbindungselemente, vorzugsweise aus einem schmelzbaren Kunststoff, werden dabei so auf eine Oberfläche gepresst, dass sie diese durchbrechen und in den darunter liegenden Bereich des Körpers eindringen. Nach Erreichen eines definierten Lastniveaus und/oder nach Erreichen einer bestimmten Eindringtiefe werden die Verbindungselemente unter Aufrechterhaltung der äusseren Last vorzugsweise mittels Ultraschall mechanisch angeregt, so dass sie kontrolliert partiell aufschmelzen. Selbstverständlich kann die mechanische Anregung beispielsweise auch mittels Rotation erzeugt werden. Das Aufschmelzen findet in aller Regel in der Vertiefung statt, die durch das Eindringen des Verbindungsele-

mentes durch die Oberfläche ins Grundmaterial entstanden ist. Ähnlich einem Kolben in einem hydraulischen Zylinder, sitzt das nicht aufgeschmolzene Teil des Verbindungselementes in der Öffnung und füllt diese dichtend aus. Da das aufgeschmolzene Material des Verbindungselementes nicht mehr aus der Vertiefung entweichen kann, bildet sich aufgrund der äusseren Last ein hoher hydraulischer Druck. Dieser und die Ultraschallschwingungen führen dazu, dass das aufgeschmolzene Material in die bestehenden und/oder oder neugebildeten Hohlräume des Grundmaterials gepresst wird. Die Eindringtiefe ist dabei abhängig von der Beschaffenheit des Grundmaterials, der Hitze, der Frequenz, der Amplitude, der Auffahrgeschwindigkeit (Vorschub), der von aussen auf das Verbindungselement wirkenden Kraft, der Geometrie sowie des Materials des Verbindungselementes. Durch das aufschmelzbare Volumen des Verbindungselementes kann die Menge des ins Grundmaterial gepressten Materials bestimmt werden. Falls sehr viel Material notwendig sein sollte, oder die Grösse und die Anzahl der im Grundmaterial vorhandenen Hohlräume nicht bekannt sein sollte, ist es möglich Verbindungselemente zu verwenden die kontinuierlich und endlos nachgeführt werden.

Durch das mechanische Einpressen des Verbindungselementes wird zudem erreicht, dass eine Materialkompression des Grundmaterials erreicht wird, die sich vorteilhaft auf die Festigkeit auswirkt. Unter normalen Umständen würden, die durch das verdrängte und komprimierte Material entstehenden, Spannungsspitzen zum Spalten des Materials führen. Durch die gezielte und aufeinander abgestimmte Applikation von Ultraschall und äusserem mechanischem Druck, sowie die erfindungsgemässe Ausgestaltung der Verbindungselemente, wird aber erreicht, dass die auftretenden Spannungen abgebaut werden und ein Zerstören der zu verbindenden Elemente nicht eintritt. Dennoch entstehende Hohlräume und Spalten werden umgehend durch das aufgeschmolzene Material gefüllt. Die hier offenbare Erfindung ermöglicht daher erstmals Befestigungselemente in Materialien, insbesondere porösen Materialien wie Holz, Pressspahnplatten oder Zellbeton und deren Kombinationen tiefenwirksam und ohne Vorbohren in einem Arbeitsschritt zu verankern. Durch die kontrollierte, be-

reichsweise Materialkompression in den angrenzenden Zonen wird erreicht, dass die Verbindungselemente sehr starken Rückhalt selbst in stark porösen Material finden. Dadurch werden sehr hohe mechanische Auszugskräfte erreicht. Durch das zusätzliche räumliche Durchsetzen der komprimierten Verankerungszone und der angrenzenden Bereiche mit dem aufgeschmolzenen Material des Verbindungselementes unter hohem Druck unterhalb der Materialoberfläche, wird erreicht, dass das komprimierte Material der Verankerungszone zusätzlich verfestigt wird. Eine optimale Verteilung der eingeleiteten Lasten und ein Abbau von schädlichen Spannungsspitzen wird daher gewährleistet. So ist es beispielsweise erstmals möglich selbst in mit einer Melaminschicht versehenen Spahnplatten dauerhafte und belastungsresistente Verankerung von Lasteinleitungspunkten ohne Vorbohren in einem Arbeitsschritt zu realisieren. Durch Wärme und Druck wird das Holz plastisch verformt, die inneren Spannungen werden stark abgebaut oder egalisiert.

Im Unterschied zum Stand der Technik wirken die Verbindungselemente der hier 15 offenbarten Erfindung nicht nur im Bereich der Oberfläche der zu verbindenden Elemente, sondern bevorzugt in deren Innern. Indem ein Vorbohren aller zu verbindenden Teile nicht erforderlich ist, was sich insbesondere verfahrensökonomisch günstig auswirkt, wird zudem erreicht, dass die Verankerungspunkte im Unterschied zu den aus dem Stand der Technik bekannten Verfahren, die ein Vorbohren der zu 20 verbindenden Teile erfordern, höher belastbar sind. Außerdem wird Staubbildung beim Verarbeitungsprozess weitgehend oder ganz vermieden. Durch das gezielte Abbauen von auftretenden Spannungsspitzen im Grundmaterial, ist es möglich selbst in sehr dünne Elemente sehr dicke Verbindungselemente ohne Vorbohren zu verankern. Versuche haben gezeigt, dass beispielsweise ein erfindungsgemässes Verbindungselement, das eine Dicke von ca. 8 mm aufweist, ohne Vorbohren in die Kantenfläche einer Pressspahnplatte von ca. 20 mm Dicke verankert werden kann. Das 25 Verankern von Lasteinleitungs- oder Verbindungsstellen in porösen Materialien wird also dramatisch rationalisiert. Dadurch dass zuvor ein Vorbohren der Teile nicht mehr erforderlich ist oder bei Bedarf im selben Schritt integriert ist, beispielsweise in

dem das Verbindungselement vor dem Aufschmelzen zum Vorbohren dient, wird erstens Zeit gespart, zweitens können kostspielige Maschinen vermieden werden und drittens werden die sonst für das Vorbohren üblicherweise hohen Anforderungen an die Präzision verringert. Mit dem hier gezeigten Verfahren, können Teile daher ähnlich einfach verbunden werden wie z.B. mittels Nägeln: Nach einem Aufeinanderlegen der zu verbindenden Teile werden diese in einem Arbeitsschritt fest mittels einer stoff- und formschlüssigen Verbindung verbunden. Im Unterschied zum Nageln garantiert diese u.a. eine optimale Krafteinleitung in die zu verbindenden Teile.

Das erfindungsgemäße Verfahren schliesst nicht aus, dass bei Bedarf eines der zu verbindenden Teile vorgebohrt wird. Dadurch wird erreicht, dass dieses eine Führungswirkung für das Verbindungselement erfüllt. Das Verbinden von einem vorgebohrten Teil mit einem nicht vorgebohrten Teil stellt gegenüber dem Stand der Technik bekannten Verfahren ein signifikante Rationalisierung dar, da die hohen Anforderungen an die Genauigkeit von zwei Bohrungen, die exakt aufeinander stimmen müssen, nicht erforderlich ist.

Das vorteilhafte Anregen der Verbindungselemente mittels Ultraschall (oder einem äquivalenten Mittel) führt dazu, dass zwischen den aneinander reibenden Oberflächen eine sehr hohe Scherwirkung insbesondere parallel zur Hauptverbindungsrichtung erzielt wird. Diese führt dazu, dass die zum Aufschmelzen bestimmten Materialien, die in der Regel aus thermoplastischen Kunststoffen bestehen, dünnflüssig werden, wodurch ein tiefes Eindringen in die zu verbindenden Teile gewährleistet wird. Dies stellt einen massgeblichen Vorteil gegenüber den aus dem Stand der Technik bekannten Verfahren, die z.B. auf Reibung durch Rotation (Reibschrägenschweißen) beruhen und daher nur eine relativ geringe Scherwirkung aufweisen. Zudem wird beim Reibschrägenschweißen eine Bewegung senkrecht zur Schweißrichtung erzeugt, was sich bekanntermassen negativ auf die Verankerungstiefe auswirkt.

Vorteilhafterweise werden Verbindungselemente aus thermoplastischen Kunststoffen verwendet. Thermoplastische Kunststoffe weisen eine sehr hohe mechanische Dämpfung auf, welche sich in einer irreversiblen Energieabsorption äussert. Aufgrund der schlechten Wärmeleitfähigkeit von Kunststoffen macht sich diese besonders bei mit sehr hoher Frequenz (z.B. Ultraschall) angeregten Bauteilen bemerkbar, indem diese unkontrolliert aufschmelzen. Durch ein Beimischen von Stoffen, welche die mechanische Dämpfung gezielt kontrollieren, ist es erstmals möglich ein unkontrolliertes Aufschmelzen der Verbindungselemente zu vermeiden. Je nachdem wird eine höhere mechanische Belastbarkeit der Verbindungselemente beim Verarbeiten erreicht. Insbesondere beim mechanischen Durchbrechen der Deckschichten kann man eine erhöhte Robustheit erzielen, welche sich sekundär auch auf die spätere mechanische Belastbarkeit der Verbindungselemente auswirkt. Besonders vorteilhaft sind Werkstoffe wie Kalkpulver, Holzmehl, die sich isotrop verhalten, oder Werkstoffe wie Verstärkungsfasern, usw., die sich anisotrop verhalten. Über die Menge der zusätzlichen Materialkomponenten können die Eigenschaften der Verbindungselemente gezielt eingestellt werden. Die Verbindungselemente können auch partiell oder zonenweise eine höhere Konzentration der zusätzlichen Materialkomponente aufweisen. Dadurch können die Bereiche des Aufschmelzens zusätzlich kontrolliert werden.

Das Schwingverhalten der Verbindungselemente kann über die Frequenz, die Geometrie, die Masseverteilung sowie die Materialzusammensetzung gesteuert werden. Um besonders grosse Auslenkungen der Verbindungselemente zu erreichen, wird die Frequenz des Ultraschalls so gewählt, dass die Verbindungselemente mit ihrer Resonanz-, resp. Eigenfrequenz schwingen. Durch die Geometrie wird das Schwingverhalten, insbesondere das Eigenschwingverhalten zusätzlich optimiert und unterstützt. Beispielsweise durch Massekonzentrationen oder Dichtevariationen an geeigneten Stellen wird erreicht, dass sich die Verbindungselemente ähnlich wie Feder/Masse-Pendel mit einer oder mehreren Federn und Massen verhalten. Über eine gezielte Anisotropie der Materialien der Verbindungselemente wird erreicht, dass die Schallübertragung richtungsabhängig wird. So erzeugte Schallbrücken ermöglichen, dass

die Schallenergie an bestimmte Orte geleitet und bei Bedarf konzentriert wird. Mögliche Schallbrücken können beispielsweise mittels Fasern gebildet werden. Durch eine örtliche Änderung der Materialzusammensetzung kann die mechanische Dämpfung, welche u.a. ein Mass für die partielle Energieabsorption des Materials darstellt, beeinflusst werden. Dadurch wird erreicht, dass sich die Verbindungselemente nur an diskreten, vorbestimmten Stellen erwärmen. Diese Anordnung hat einen weiteren signifikanten Vorteil: Im Unterschied zum Stand der Technik kann erreicht werden, dass sich die Verbindungselemente nicht über Reibungswärme von zwei aneinander reibenden Flächen erhitzen, sondern durch innere Erwärmung. Verbindungselemente mit den oben erwähnten Eigenschaften können beispielsweise durch Strangpressen von Fasern mit einer thermoplastischen Matrix, oder durch Mehrkomponentenspritzgiessen hergestellt werden. Insbesondere lassen sich entsprechende Verbindungselemente mit Energierichtungsgebern, wie sie aus dem Stand der Technik bekannt sind ausstatten.

15 Über die Ultraschallfrequenz und die Geometrie können u.a. die Schwingungsformen der Verbindungselemente aktiv bestimmt sowie das Aufschmelzverhalten beeinflusst werden. Bei Bedarf ist es daher sinnvoll, die Frequenz in Funktion der Eindringtiefe des Verbindungselementes so zu steuern, dass die Schmelzzone in der das Verbindungselement aufschmilzt, sich an optimaler Lage unterhalb der Oberfläche des

20 Grundmaterials befindet. Die optimale Frequenz wird beispielsweise über einen Sensor ermittelt, der laufend die schwingende Länge des Verbindungselementes ermittelt. Für das erzeugen der Ultraschallschwingungen kann eine handelsübliche Ultraschallschweissanlage verwendet werden. Für eine aktives Steuern der Frequenz muss diese modifiziert werden.

25 Anhand von Figuren wird die Erfindung anschliessend detailliert erläutert. Es versteht sich von selbst, dass die Idee die Erfindung hierbei nicht auf die gezeigte Ausführungsformen beschränkt ist.

Es zeigen:

Figur 1 die wesentlichen Schritte des erfindungsgemässen Verfahrens anhand einer Schnittdarstellung,

Figur 2 diverse Ausführungsformen von Verbindungselementen,

5 Figur 3 eine weitere Ausführungsform eines Verbindungselementes,

Figur 4 die wesentlichen Schritte des Verfahrens unter Verwendung des Verbindungselementes gemäss Figur 2,

Figur 5 wie zwei Teile verbunden werden,

Figur 6 wie zwei weitere Teile verbunden werden,

10 Figur 7 wie ein Verbindungselement kontrolliert verarbeitet wird,

Figur 8 schematisch einen Querschnitt durch einen Körper,

Figur 9 einen Ausschnitt auf Figur 8,

Figur 10 zeigt ein Diagramm.

Figur 1 zeigt schematisch die wesentlichen Schritte des erfindungsgemässen Verfahrens in einer Schnittdarstellung. Ein Verbindungselement, das hier die Form eines länglichen Dübels 1 aufweist, wird in einem porösen Grundmaterial 10, wie Holz, Pressspahnplatten oder Zellbeton, tiefenwirksam verankert. Zu erkennen sind eine 5 Halterung 2, vorteilhafterweise aus Metall, mit einer Öffnung 3, die zur temporären Aufnahme des Dübels 1 geeignet ist. Die Öffnung 3 ist so ausgestaltet, dass der Dübel 1 darin einen gewissen Halt und eine gewisse Führung findet so dass er während dem Verarbeiten nicht herausfällt (Es versteht sich von selbst, dass der Dübel 1 auch durch externe Mittel gehalten werden kann). Insbesondere ist es vorteilhaft, dass die 10 Öffnung und die Kopplung zwischen Dübel 1 und Halterung 2 so gestaltet sind, dass der Dübel 1 nicht unkontrolliert zu schmelzen beginnt. Ein Ultraschallerzeuger (nicht näher dargestellt), sowie ein Pressvorrichtung (nicht näher dargestellt) stehen mit der Halterung 2 in Wirkverbindung. Die Pressvorrichtung dient dazu, um über die Halterung 2 eine Kraft F auf den Dübel 1 auszuüben.

15 In einem ersten Schritt, dargestellt in Figur 1a), wird nun die Halterung 2 mit dem Dübel 1 so über einer Oberfläche 4 des Grundmaterials 10 platziert, dass ein Ende des Dübels 1, hier als Spitze 5 ausgeformt, auf die Oberfläche 4 zu liegen kommt. Anschliessend wird mittels der Pressvorrichtung (nicht näher dargestellt) die Kraft F erzeugt. Diese führt dazu, dass die Spitze 5 des Dübels 1 die Oberfläche 4 des 20 Grundmaterials 10 durchbricht und in das Grundmaterial 10 eindringt. Das Grundmaterial 10 wird dadurch in diesem Bereich komprimiert. Nachdem die Spitze 5 des Dübels 1 eine gewisse Eindringtiefe (vgl. Figur 1b) und/oder die Kraft F eine gewisse definierte Grösse erreicht hat, wird der Dübel 1 mittels dem mit der Halterung 2 in Wirkverbindung stehenden Ultraschallerzeuger (nicht näher dargestellt) hier in 25 Richtung der z-Achse in Schwingung versetzt. Dieser Vorgang ist mittels Pfeilen 12 verdeutlicht. Die Frequenz ist dabei auf die Geometrie des Dübels 1, insbesondere dessen Länge, Materialzusammensetzung und Massenverteilung abgestimmt. Dadurch wird erreicht, dass der Dübel 1 hier im Bereich einer vorbestimmten Zone 13 unterhalb der Oberfläche 4 aufschmilzt. Wie Figur 1b) verdeutlicht, sitzt der Dübel 1

pfropfenartig in einer Öffnung 11 und füllt diese, ähnlich einem Kolben in einem Hydraulikzylinder, dichtend aus. Das aufgeschmolzene Material des Dübels 1 kann nicht entweichen und steht, aufgrund der auf den Dübel 1 wirkenden Kraft F, unter hohem Druck. Dies bewirkt, dass das aufgeschmolzene Material des Dübels 1 in das Grundmaterial 10 gepresst wird, so dass allfällige Hohlräume ausgefüllt werden (vgl. Figur 1c). Die Ultraschallschwingungen und die entstandene Schmelzwärme wirken unterstützend.

Es handelt sich bei der hier gezeigten Ausführungsform um ein kontinuierliches Aufschmelzen des Dübels 1 in der Zone 13. Durch das Nachführen des Dübels 1 durch die Öffnung 11 in die Zone 13 und die Kraft F wird erreicht, dass der Druck unterhalb der Oberfläche aufrechterhalten bleibt. Durch die Schwingungsfrequenz und die anderen Prozessparameter wird die Schmelzzone 13 beeinflusst. Eine Länge L des Dübels 1 spielt hier eine gewisse Rolle, da sie u.a. mit dem Schwingverhalten zusammenhängt. Aufgrund des Aufschmelzens in der Zone 13 und dem Nachführen des Dübels 1 durch die Öffnung 11 verändert sich die Länge L des Dübels 1. Aus diesem Grund werden falls erforderlich die anderen Prozessparameter in Funktion der sich verändernden Größen, wie z.B. der Länge L, überwacht und bei Bedarf während dem Prozess verändert. Die Länge L wird daher z.B. mit einem Sensor (nicht näher dargestellt) gemessen und die als Regelgröße für die Ultraschallfrequenz verwendet. Dadurch wird ein optimales Aufschmelzen des Dübels 1 erreicht.

Figur 2 zeigt beispielhaft sechs verschiedene Ausführungsformen von Verbindungs-elementen 20. Die einzelnen Ausführungsformen eignen sich für unterschiedliche Anwendungen und Materialien. Es ist selbstverständlich, dass die Ausgestaltung stark von den hier gezeigten Formen abweichen kann. Um den unterschiedlichen Materialien und Anwendungsgebieten Rechnung zu tragen, werden die verschiedenen Verbindungselemente gezielt angepasst. Die hier gezeigten Verbindungselemente werden in der Regel während dem Verarbeiten an einem Ende 21 in einer

Halterung (nicht näher dargestellt) festgehalten und kontrolliert. Die optimale Materialzusammensetzung variiert von Anwendungsfall zu Anwendungsfall und wird daher angepasst. Um die mechanische Dämpfung zu beeinflussen beinhalten die Verbindungselemente 20 zusätzliche Materialien z.B. wie Kalkpulver oder Verstärkungsfasern. Diese wirken sich z.T. zusätzlich positiv auf die mechanische Belastbarkeit beim Verarbeiten aus, sodass höhere Lasten oder schlankere und längere Verbindungselemente realisiert werden können. Die Gestaltung von Enden 22 sind für das Verhalten der Verbindungselemente 20 wichtig und bestimmen auch die spätere Materialverteilung im Grundmaterial. Diese sind daher insbesondere auf die Grundmaterialien abgestimmt. Flachere Ausgestaltungen der Enden 22 (vgl. Fig. 2a und 2d) neigen eher dazu, Material vor sich her zu schieben und eine stark komprimierte Zone vor dem Verbindungselemente 20 zu bilden. Diese wiederum unterstützt ein seitliches Verteilen des aufgeschmolzenen Materials. Scharfe Kanten 23 und Spitzen 24 erhöhen die Schneidwirkung der Verbindungselemente beim Durchstossen einer Deckschicht 4 eines Grundmaterials 10 (vgl. Figur 1). Außerdem wirken diese auch auf das Schmelzverhalten der Verbindungselemente 20. Energierichtungsgebende Elemente, hier in Form von parallel zur Verbindungselementlängsachse verlaufenden Rippen 25, führen bei einer mechanischen Anregung z.B. mittels Ultraschall zu Konzentrationen, die ein lokales Aufschmelzen fördern. Durch lokale Massekonzentrationen, z.B. durch Verdickungen 26, wird das Schwingverhalten des Verbindungselementes 20 beeinflusst. Es ist in diesem Sinn auch möglich die Massekonzentrationen im Innern der Verbindungselemente 20 zu realisieren.

Figur 3 zeigt eine weitere Ausführungsform eines Verbindungselementes 30 bestehend aus einem zylindrischen Teil 31, einem hier zentrisch angeordneten, spitzen Element 32. Dieses ist mit Rippen 33 versehen und dient zum Durchbrechen einer Oberfläche (vgl. Figur 4). Kreisförmig angeordnete Elemente 34 dienen ebenfalls zum durchbrechen einer Oberfläche (vgl. Figur 4). Die Elemente 34 weisen Kanten 35 auf, die eine gewissen Schneidwirkung aufweisen. Das Verbindungselement ist beispielsweise Bestandteil eines Scharniers oder dient beispielsweise zum Befestigen

eines Scharniers (nicht näher dargestellt) oder eines anderen Lasteinleitungspunktes bei Möbeln oder anderen Körpern aus Spahnplatten oder ähnlichen Materialien oder kann selber zusätzliche Funktionen aufweisen. Insbesondere kann es auch zur Aufnahme weiterer Elemente beispielsweise Schrauben, usw. dienen. Eine Verankerung 5 in porösen Materialien wie Holz, Zellbeton oder ähnlichen Materialien wie Beton oder Kunststoffen ist besonders vorteilhaft. Dabei ist das Vorbohren der zu verbindenden Oberflächen nicht erforderlich. Das Verbindungselement 30 besteht aus einem thermoplastischen Kunststoff. Dieser ist mit zusätzlichen Füllstoffen versehen, welche die innere mechanische Dämpfung beeinflussen. Damit wird das Aufschmelzverhalten kontrolliert und beeinflusst. Das Verbindungselement wird vorteilhafterweise mittels Spritzgiessen hergestellt. Durch das Verarbeiten von mehreren 10 Komponenten wird erreicht, dass eine Gradierung im Verbindungselement 30 resultiert, die auf die zu verbindenden Grundmaterialien abgestimmt ist. Um die Verarbeitung von schwierigen Materialien zu ermöglichen, können die Elemente 32 und 15 34 auch so ausgestaltet werden, dass ihre Schneidwirkung durch eine sekundäre Bewegung erhöht wird. Beispielsweise können sie so ausgestaltet sein, dass durch eine Rotation das Grundmaterial unterstützend aufgebrochen wird. Das Verbindungselement 30 ist dabei vorteilhafterweise so ausgestaltet, dass es infolge der Sekundärbewegung nicht aufschmilzt.

20 Figur 4 zeigt schematisch die Verarbeitung eines Verbindungselementes 30 gemäss Figur 3 in drei Schritten in einer Schnittdarstellung. Es versteht sich von selber, dass hier nur das Prinzip gezeigt wird. Selbstverständlich kann das Verbindungselement 30 auch eine andere Geometrie aufweisen oder mit anderen Elementen, wie beispielsweise Beschlägen, anderen Befestigungselementen oder Scharnieren verbunden 25 sein. Das Verbindungselement 30 wird in einem ersten Schritt (vgl. Fig. 4a) über eine Oberfläche 40 eines Grundmaterials 41 gebracht. Das Grundmaterial besteht hier aus einem porösen Material das an den Randzonen 42 eine höhere Dichte aufweist, als in der Kernzone 43 (Selbstverständlich können auch Materialien verarbeitet werden, die eine konstante Dichte aufweisen). Deckschichten 44 bilden einen

äusseren Abschluss des Grundmaterials. Das über der Oberfläche 40 positionierte Verbindungselement 30 wird durch eine Kraft F (vgl. Fig. 4b) so auf die Oberfläche 30 gepresst, dass die Elemente 32 und 34 diese durchstossen und bis zu einer gewissen Tiefe in das Grundmaterial 41 eindringen. Die Eindringtiefe ist dabei u.a. abhängig vom Grundmaterial 41, der Gestaltung der Elemente 32 und 34 und der Kraft F. Eine Sekundärbewegung, beispielsweise in Form einer Rotation, kann das Eindringen des Verbindungselementes 30 unterstützen. Nachdem eine gewisse Eindringtiefe erreicht worden ist, wird das Verbindungselement 30 mittels Ultraschall mechanisch angeregt, was durch Pfeile 12 verdeutlicht wird. Die mechanische Anregung erfolgt dabei vorteilhafterweise senkrecht zu Oberfläche 40. Infolge von Reibung und/oder innerer mechanischer Dämpfung findet eine Erhitzung des Verbindungselementes 30 statt. Diese führt dazu, dass die Elemente 32 und 34 kontrolliert unterhalb der Oberfläche 40 aufschmelzen. Durch die Kraft F sinkt das Verbindungselement weiter ein, sodass kontinuierlich Material aufgeschmolzen und unter hohem Druck ins Grundmaterial 41 gepresst wird. Das aufgeschmolzene Material des Verbindungselementes 30 füllt dabei allfällige Hohlräume aus, wodurch das Grundmaterial 42 zusätzlich verfestigt wird. Durch die Ultraschallschwingungen, die Hitze und der Druck wird das Grundmaterial 42 verdichtet und verfestigt, zudem wird erreicht, dass das Verbindungselement 30 erleichtert eindringt. Die Verankerung des Verbindungselementes 30 im Grundmaterial 41 ist schematisch in Figur 4c) dargestellt.

Figur 5 zeigt schematisch die Verbindung von zwei Körper 50, 51, bspw. aus Holz, mittels einem länglichen Verbindungselement 52. Der Körper 51 ist hier mit einer Bohrung 53 versehen, die aber nicht zwingend erforderlich ist. Die beiden Körper 50 und 51 werden in einem ersten Schritt aufeinander gelegt (vgl. Fig. 5a), was durch einen Pfeil 54 verdeutlicht wird, und in ihrer endgültigen Position verankert. Das Verbindungselement 52 wird sodann in die Bohrung 53 gesteckt (vgl. Fig. 5b). Mittels einem Presskopf 55, der mit einer Pressvorrichtung (nicht näher dargestellt) und einem Ultraschallerzeuger (nicht näher dargestellt) in Wirkverbindung steht, wird

eine Kraft F auf das Verbindungselement 52 ausgeübt, sodass dieses in die Oberfläche des Körpers 50 eingedrückt wird. Nachdem die Kraft F und/oder die Eindringtiefe einen gewissen vorbestimmten Wert erreicht haben, wird das Verbindungselement 52 mittels dem Ultraschallerzeuger (nicht näher dargestellt) mechanisch angeregt (dargestellt durch die Pfeile 12). Dadurch beginnt das Verbindungselement 52 gezielt aufzuschmelzen und in den Körper 50 einzudringen (vgl. Fig. 5c). Dabei wird das Material des Körpers 50 gezielt verdichtet und allfällige Hohlräume mit dem aufgeschmolzenen Material des Verbindungselementes 52 durchsetzt. Rippen 56 oder ähnlich wirkende Elemente am Verbindungselement 52 führen dazu, dass nach dem Erreichen einer gewissen Eindringtiefe des Verbindungselementes 52 in den Körper 50 eine Verbindung zwischen dem Körper 51 und dem Verbindungselement 52 stattfindet. Nachdem das Verbindungselement die gewünschte Tiefe erreicht hat, resultiert eine feste Verbindung zwischen den beiden Körper 50 und 51. Aufgrund der Tatsache, dass ein Vorbohren beider Körper nicht erforderlich ist, kann die Verbindung in einem Arbeitsschritt auf rationellste Art und Weise erfolgen. Bei Bedarf kann das Verbindungselement 52 an seiner Oberfläche mit zusätzlichen Elementen versehen werden. Diese führen dazu, dass durch eine sekundäre Bewegung des Verbindungselementes 52 (bspw. eine Rotation um die Längsachse) unter der Kraft F ein leichteres Eindringen, unter Inkaufnahme einer gewissen Spahnbildung, resultiert. Diese sekundäre Bewegung führt jedoch nicht zu einem unkontrollierten Aufschmelzen des Verbindungselementes 52. Um die Verbindung zwischen den beiden Körper 50 und 51 zu unterstützen oder um eine gewisse Dichtwirkung zu erzielen, ist es vorteilhaft Flächen 59 und 60 mit einer Schicht aus schmelzbarem Material zu versehen. Diese Schicht kann auch zusätzlich eingebracht werden. Durch die über das Verbindungselement 52 oder direkt eingebrachten Ultraschallschwingungen wird erreicht, dass diese Schicht aufgrund von Reibung und/oder innerer mechanischer Dämpfung aufschmilzt. Dadurch wird die Verbindung zwischen den beiden Körper 50 und 51 durch das Verbindungselement 52 zusätzlich unterstützt und gedichtet. Das hier gezeigte Verfahren eignet sich beispielsweise besonders für die Verbindung von Fensterrahmen oder ähnlichen Elementen. Dabei ist es erstmals möglich sehr

dünne, schlanke Körper ohne präzises Vorbohren so zu verbinden, dass eine maximale mechanische Belastbarkeit erreicht wird.

**Figur 6:** Figur 6a) zeigt einen ersten Körper 65, einen zweiten Körper 66 und ein Verbindungselement 67. Beim ersten Körper 65 handelt es sich hier um einen Balken aus Holz und beim zweiten Körper 66 um ein Mauerwerk, beispielsweise Zellbeton. Das Verbindungselement 67 besteht aus einem thermoplastischen Material und, falls erforderlich, einem Zusatzstoff, der die innere mechanische Dämpfung des thermoplastischen Materials reguliert. Figur 6b) zeigt das Verbindungselement 67 und die Körper 65 und 66 in einer Schnittdarstellung während dem Verarbeitungsprozess. 5 Im hier gezeigten Zustand, bei dem es sich um eine Momentaufnahme handelt, hat das Verbindungselement 67 den ersten Körper 65 durchstossen und dringt in den zweiten Körper 66 ein. Eine Kraft F wirkt auf das Verbindungselement 67. Gleichzeitig wird das Verbindungselement 67 in Richtung seiner Längsachse durch Ultraschall, dargestellt durch einen Pfeil 12, mechanisch angeregt. Dadurch schmilzt dieses im Innern des zweiten Körpers 66, im Bereich einer Zone 68, kontrolliert auf. Um eine unterstützende Führungswirkung auf das Verbindungselement 67 zu erzielen, ist es möglich den ersten Körper 66 vorzubohren. Eine Kernzone 69 des Verbindungselementes 67 bleibt während dem Aufschmelzvorgang vorerst fest, was u.a. dazu führt, dass das Grundmaterial des zweiten Körpers 66 in einer Zone 71 kontrolliert komprimiert wird, ohne dass schädliche Spannungen aufgebaut werden. Durch die Kraft F wird das Verbindungselement 67 kontinuierlich nachgeführt, sodass das in der Zone 68 aufgeschmolzene Material des Verbindungselementes 67 unter hydraulischem Druck, dargestellt durch Pfeile P, steht und ins Innere des zweiten Körpers 66 gepresst wird. Dadurch und durch die mechanische Anregung mittels Ultraschall werden schädliche Spannungen im Grundmaterial des zweiten Körpers 66 gezielt abgebaut. Das Verbindungselement 67 weist hier gewisse energierichtungsgebende Elemente 70 (vgl. Figur 6a) auf, die nach erreichen einer gewissen Eindringtiefe dazu führen, dass das Verbindungselement 67 partiell im Bereich des ersten Körpers 65 aufschmilzt und sich stoffschlüssig mit diesem verbindet. Dies ist 10 15 20 25

schematisch mittels Pfeilen 72 verdeutlicht. Nach dem Erkalten des aufgeschmolzenen Materials ist das Verbindungselement 67 stoff- und formschlüssig mit den Körpern 65 und 66 verbunden, was in sehr hoch belastbaren mechanischen Verbindungen resultiert. Um die Kontaktflächen zwischen dem ersten Körper 65 und dem zweiten Körper 66 gegen Umwelteinflüsse zu dichten, können die Kontaktflächen mittels einem thermisch schmelzbaren Lack oder einer anderen Beschichtung versehen werden, die beim mechanischen Anregen mittels Ultraschall aufschmilzt. Dadurch wird erreicht, dass die Kontaktflächen zusätzlich dichtend verbunden werden. Figur 6c) zeigt eine weitere Ausführungsform eines Verbindungselementes 75 welches zur Verbindung der Körper 65 und 66 geeignet ist. Im Unterschied zum Verbindungselement 67 (vgl. Figur 6a) weist das Verbindungselement 75 gewisse Ähnlichkeiten mit einem Bohrer auf. An einem Ende 76 weist das Verbindungselement 75 eine Gestaltung auf, die ein partielles Eindringen durch Überlagern einer Sekundärbewegung in zumindest einen der Körper 65 und 66 unterstützt. Diese Sekundärbewegung kann beispielsweise durch eine Rotation um die Längsachse realisiert werden, die aber nicht zum unkontrollierten Aufschmelzen des Verbindungselementes 75 führt. Nachdem eine gewisse Eindringtiefe in eines der Teile erreicht ist, wird mit dem Verbindungselement 75 gleich verfahren wie mit dem Verbindungselement 67 (vgl. Figur 6a und 6b).

Figur 7 zeigt schematisch eine Möglichkeit für die optimale Regelung des erfundungsgemäßen Verfahrens beidem ein Verbindungselement 80 in eine Oberfläche 81 eines Körpers 82 eindringt. Die für den Verarbeitungsprozess relevanten Messgrößen sind u.a. die freie Länge  $L'$  des Verbindungselementes 80 und die Temperatur  $T$  des aufgeschmolzenen Materials und der Umgebung. Diese werden massgeblich durch die Grösse der Kraft  $F$ , die Energie der Ultraschallschwingungen (Frequenz, Amplitude), dargestellt durch einen Pfeil 12, und die Vorschubgeschwindigkeit, mit der das Verbindungselement in die Oberfläche 81 eindringt, bestimmt. Um eine optimale Verarbeitung des Verbindungselementes 80 zu gewährleisten, werden diese Größen während dem Prozess überwacht und zur Ermittlung der erforderli-

chen Stellgrößen verwendet. Das Ermitteln der Temperatur T, vorzugsweise indirekt, und der freien Länge L' ist schematisch durch die Pfeile 83.1 und 83.2 dargestellt. Die Stellgrößen werden in einem geeigneten Prozessrechner 84 ermittelt und zur Regelung der Kraft F (Pfeil 85.1), der Vorschubgeschwindigkeit (nicht näher dargestellt) des Verbindungselementes 80, der Ultraschallfrequenz und Amplitude (Pfeil 85.2) verwendet. Dadurch wird erreicht, dass eine optimale, tiefenwirksame Verbindung zwischen dem Verbindungselement 80 und dem Körper 82 erreicht wird.

Figur 8 zeigt schematisch und stark vereinfacht die hydraulische Funktionsweise der Erfindung anhand einer perspektivischen Schnittdarstellung. Zu erkennen sind ein Verbindungselement 1 das durch eine Oberfläche 4 in einen Körper 6 eingedrungen ist. Im Innern des Körpers 6 befindet sich ein Hohlraum 7 der mit dünnen Kanälen oder Kapillaren 8 gekoppelt ist und durch das Verbindungselement 1 verschlossen wird. Die Kanäle 8 und der Hohlraum 7 sind mit aufgeschmolzenem Material 14 gefüllt. Longitudinalwellen eines Ultraschallerzeugers (nicht näher dargestellt) werden kraft- oder formschlüssig in das Verbindungselement 1, eingekoppelt. Über starke Inhomogenitäten in der Spannungsverteilung, mit maximalen Spannungskonzentrationen in den Bereichen in denen eine Verbindung erzielt werden soll wird, durch Umwandlung von mechanischer Energie, Wärme erzeugt. Die Wärme entsteht typischerweise über Verlust, z.B. mechanische Hysterese (Hysterese-Verluste) oder Fiktion. Durch Beaufschlagung des Verbindungselement 1 auf eine inhomogene oder poröse Oberfläche entsteht im mikroskopischen Bereich des Verbindungselementes eine hohe, innere Scherwirkung (vgl. Figur 9). Diese Scherwirkung zusammen mit der Temperaturerhöhung bewirken, dass das Material des Verbindungselementes 1 aufschmilzt, wobei eine sehr starke Abnahme der Viskosität der Schmelze auftritt. Durch die erfindungsgemäße Applikation von Ultraschall ist es möglich sehr gezielt und in einer optimalen Zone niedrigviskose Schmelze zu erzeugen, die unter hydraulischem Druck in die feinsten Poren, Risse und kapillaren Öffnungen eindringt (Pfeile 9). Die Schmelze ist typischerweise anisotrop, weist also richtungsabhängige Eigenschaften auf. Insbesondere bei der Applikation von Ultraschall ist zu beobach-

ten, dass die Viskosität der Schmelze, im Unterschied zu anderen aus dem Stand der Technik bekannten Verfahren, um mehrere Zehnerpotenzen reduzierbar ist. Diese starke Verflüssigung gemeinsam mit dem hydraulischen Druck, der durch das Einpressen des Verbindungselementes 1 in den Hohlraum 7 erzielt wird, dringt das aufgeschmolzene Material bis in mikroskopische Bereich in die Porenstruktur des Verbindungsmaterials ein. Dabei folgt die Schmelze des Verbindungselementes 1 im Wesentlichen der Orientierung des Grundmaterials 10 und verfestigt und armiert dieses. Als Resultat entsteht eine kompositartige Verbindung mit einem fliessenden Übergang vom Grundmaterial 10 in das Verbindungselement 1 mit einer gezielten Verfestigung im Bereich um den Hohlraum 7 und einem festen homogenen Kern. Entsprechende Verbindungen sind den konventionellen, aus dem Stand der Technik bekannten Verbindungsmethoden insb. bezüglich Festigkeitswerten weit überlegen ist. Ein Ausschnitt aus Figur 8 ist in Figur 9 vergrössert dargestellt.

Figur 9 zeigt vergrössert einen Ausschnitt 18 der modellmässigen Betrachtung aus Figur 8. Zu erkennen sind das Verbindungselement 1, der Hohlraum 7 und Kanäle 8, die sich in das Grundmaterial 10 erstrecken. Das aufgeschmolzene Material 14 füllt den Hohlraum 7 und die Kanäle 8 aus und steht unter hydraulischem Druck, was durch Pfeile 15 dargestellt ist. Durch die mechanische Anregung des Verbindungselementes 1 mittels Ultraschall bildet sich eine Schmelzone 13 aus, in der Material infolge hoher Scherwirkung erhitzt und aufgeschmolzen wird. Die Bewegung des Verbindungselementes 1 infolge der mechanischen Anregung und der dadurch hervorgerufenen Scherwirkung ist schematisch durch Pfeile 12 dargestellt. Durch den hohen hydraulischen Druck, der sich durch das Einpressen des Verbindungselementes 1 in den Hohlraum 7 ergibt, wird das aufgeschmolzene Material u.a. in Hohlräume 8 verdrängt. Zwischen dem aufschmelzenden Material, dem verdrängten Material und dem von aussen nachgeförderten Material wird ein Gleichgewicht erwirkt, so dass sich ein kontinuierlicher Ablauf einstellt.

Figur 10 zeigt anhand von drei Kurven 46, 47, 48 einen typischen Zusammenhang zwischen der Scherwirkung (x-Achse) und der Viskosität (y-Achse) eines thermoplastischen Kunststoffes, wie er beispielsweise für ein Verbindungselement 1 Verwendung findet. Die drei Kurven 46, 47, 48 zeigen das Verhalten bei unterschiedlichen 5 Temperaturen. Die Kurve 46 zeigt das Verhalten bei einer tieferen Temperatur; die Kurve 47 bei einer höheren und die Kurve 48 bei der höchsten Temperatur. Zu erkennen ist, dass die Viskosität (y-Achse) bei zunehmender Scherwirkung (x-Achse) und steigender Temperatur abnimmt. Mit anderen Worten der Kunststoff wird dünnflüssiger bei höheren Temperaturen und grösseren Scherwirkungen. Im Falle der hier 10 diskutierten Erfindung bedeutet dies, dass durch Erhöhung der mechanischen Anregung mittels Ultraschall über die Frequenz und die Amplitude Einfluss auf das Verhalten des aufzuschmelzenden Stoffs genommen wird. Da in der Regel keine externe thermische Energiequelle verwendet wird, stellt sich die Temperatur im Innern des Hohlraumes 7 (vgl. Figuren 8 und 9) infolge der mechanischen Parameter und der 15 Wärmeleitfähigkeit der Umgebung ein. Das Verhalten wird so eingestellt, dass die Umgebung und das Material des Verbindungselementes optimales Verhalten zeigen und kein unkontrolliertes Aufschmelzen des Verbindungselementes 1 stattfindet.

## PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zum Verbinden von Körpern (41, 50, 51, 65, 66) mittels thermischen Aufschmelzen eines Verbindungselementes (1, 20, 30, 52, 67, 75, 80) **dadurch gekennzeichnet**, dass das Verbindungselement (1, 20, 30, 52, 67, 75, 80) mittels einer gerichteten Kraft (F) auf eine Oberfläche (4, 40, 59) von mindestens einem der Körper (41, 50, 51, 65, 66) wirkt, diese aufgrund der gerichteten Kraft (F) durchdringt, und eingedrungen eine mechanische Anregung derart erzeugt wird, dass während eines weiteren Eindringens des Verbindungselementes (1, 20, 30, 52, 67, 75, 80) in den mindestens einen Körper (41, 50, 51, 65, 66) der Vorschub über die gerichtete Kraft (F) und das Aufschmelzen durch die mechanische Anregung aufrecht erhalten wird, damit aufgeschmolzenes Material hydraulisch in die Umgebung verdrängbar ist.
2. Verfahren gemäss Patentanspruch 1 **dadurch gekennzeichnet**, dass die mechanische Anregung nach Erreichen einer vorbestimmten Eindringtiefe des Verbindungselementes (1, 20, 30, 52, 67, 75, 80) in einen der Körper (41, 50, 51, 65, 66) und/oder einem nach Erreichen eines vorbestimmten Lastniveaus der gerichteten Kraft (F) einsetzt.
3. Verfahren gemäss Patentanspruch 2 **dadurch gekennzeichnet**, dass die mechanische Anregung mittels Ultraschall erfolgt.

4. Verfahren gemäss Patentanspruch 2 dadurch gekennzeichnet, dass die mechanische Anregung mittels Rotation erfolgt.

5. Verfahren gemäss Patentanspruch 1 dadurch gekennzeichnet, dass dem Eindringen eines Verbindungselementes (1, 20, 30, 52, 67, 75, 80) in einen Körper (41, 50, 51, 65, 66) eine sekundäre Bewegung überlagert wird, die das Eindringen unterstützt.

6. Verfahren gemäss Patentanspruch 5 dadurch gekennzeichnet, dass die sekundäre Bewegung eine Rotation darstellt.

7. Verfahren gemäss Patentanspruch 1 dadurch gekennzeichnet, dass mindestens zwei Körper (41, 50, 51, 65, 66) mittels einem Verbindungselement (1, 20, 30, 52, 67, 75, 80) verbunden werden.

8. Verfahren gemäss Patentanspruch 7 dadurch gekennzeichnet, dass zwischen den gemeinsamen Oberflächen (59, 60) der zu verbindenden Körper (41, 50, 51, 65, 66) eine zusätzliche Schicht aus einem schmelzbaren Material vorhanden ist, die infolge einer mechanischen Anregung aufschmilzt und die Verbindung zwischen den Körpern (41, 50, 51, 65, 66) unterstützt, resp. dichtet.

9. Verfahren gemäss Patentanspruch 7 dadurch gekennzeichnet, dass einer der Körper (41, 50, 51, 65, 66) eine Bohrung (53) zur Aufnahme eines Verbindungselementes (52) aufweist.

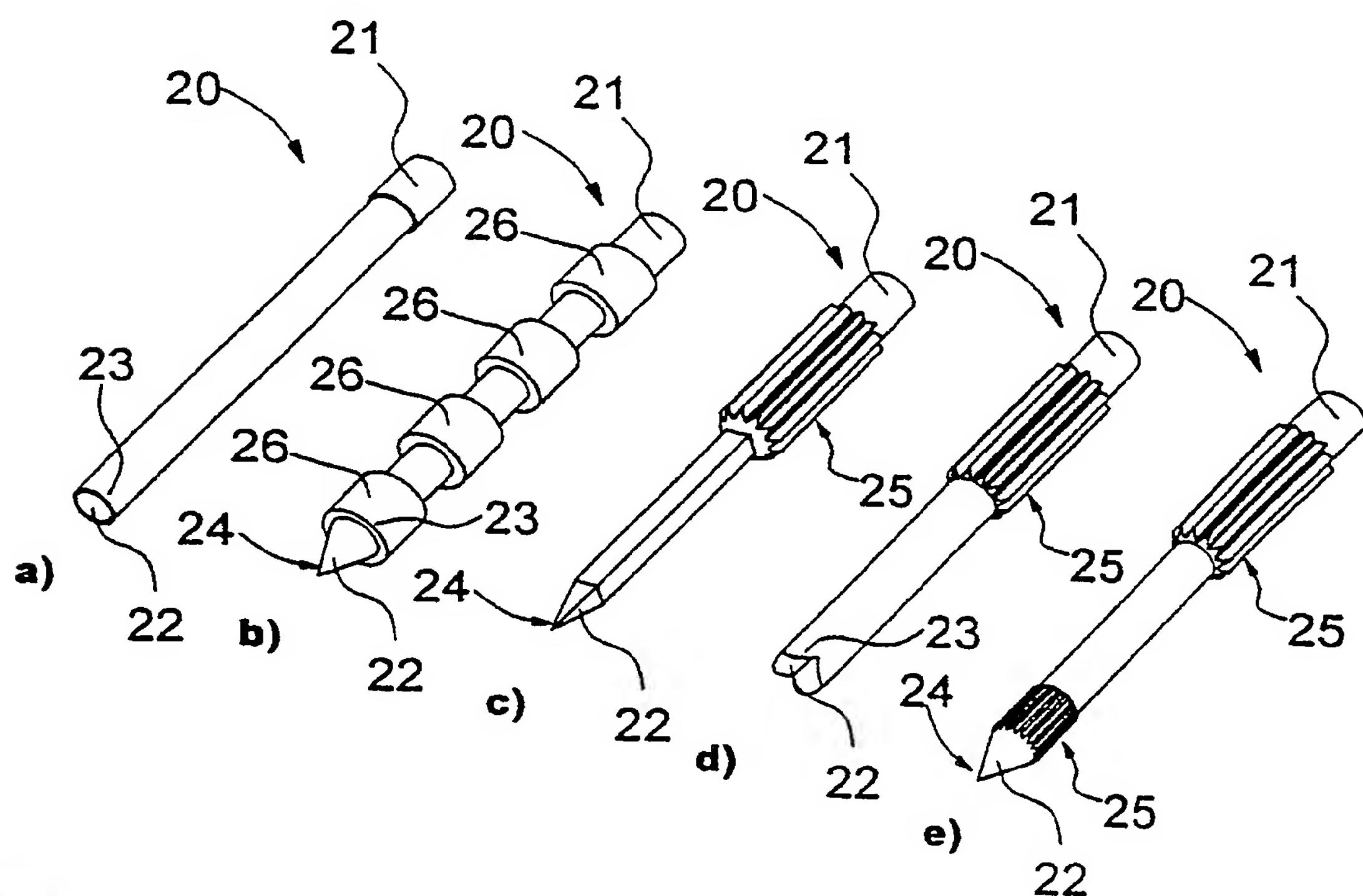
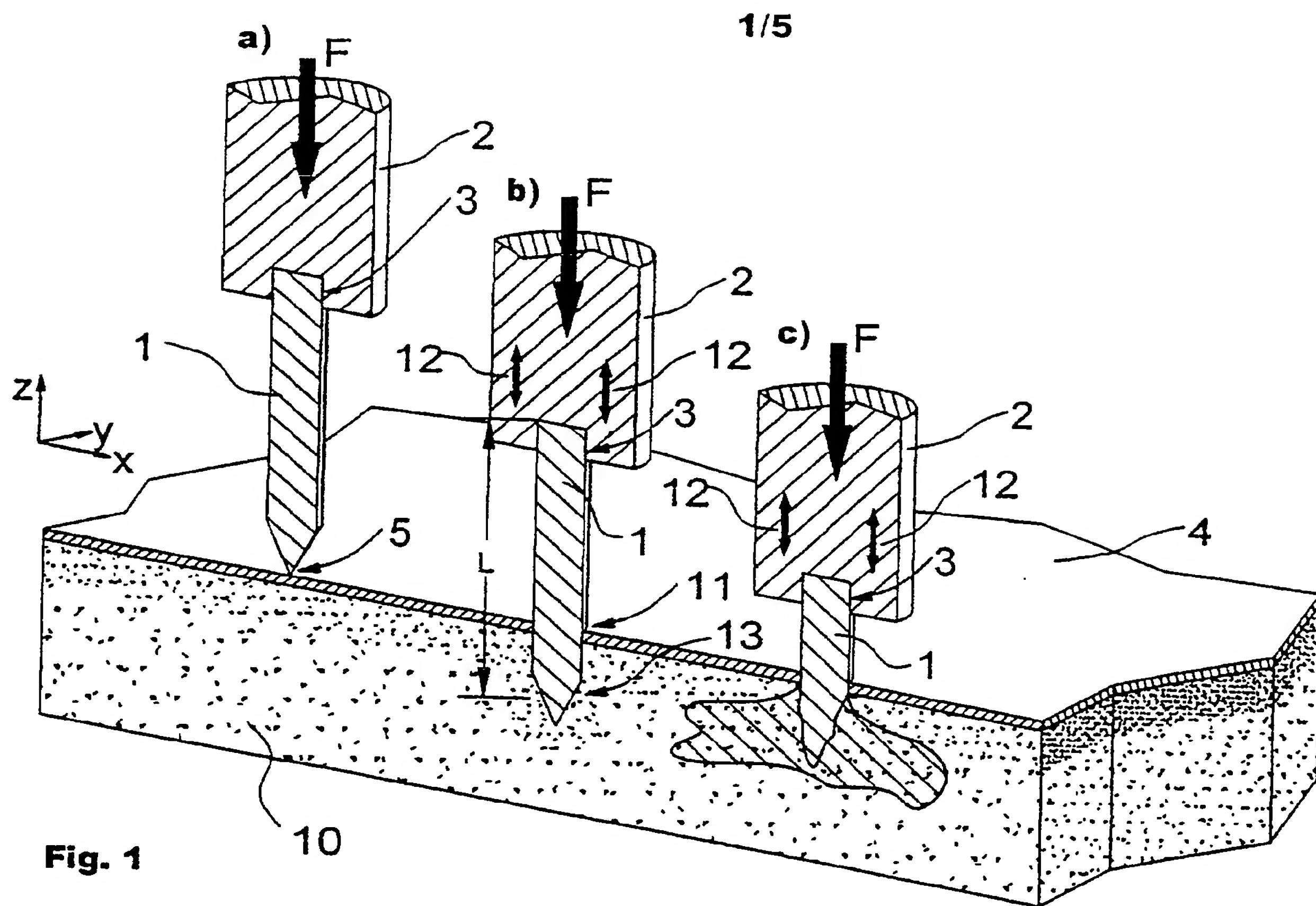
10. Verfahren gemäss Patentanspruch 1 dadurch gekennzeichnet, dass mindestens einer der zu verbindenden Körper (41, 50, 51, 65, 66) aus porösem Material besteht.
11. Verbindungselement (1, 20, 30, 52, 67, 75, 80) zur Verwendung im Verfahren gemäss Patentanspruch 1 dadurch gekennzeichnet, dass das Verbindungselement (1, 20, 30, 52, 67, 75, 80) aus thermoplastischem Kunststoff besteht.
12. Verbindungselement (1, 20, 30, 52, 67, 75, 80) gemäss Patentanspruch 11 dadurch gekennzeichnet, dass das Verbindungselement (1, 20, 30, 52, 67, 75, 80) mittels Spritzgiessen hergestellt wird.
13. Verbindungselement (1, 20, 30, 52, 67, 75, 80) gemäss Patentanspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass der thermoplastische Kunststoff Zusatzstoffe enthält, die die innere mechanische Dämpfung verringern.
14. Verbindungselement (1, 20, 30, 52, 67, 75, 80) gemäss Patentanspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass der thermoplastische Kunststoff Zusatzstoffe enthält, die die mechanische Festigkeit erhöhen.
15. Verbindungselement (1, 20, 30, 52, 67, 75, 80) gemäss Patentanspruch 13 und/oder 14 dadurch gekennzeichnet, dass die Zusatzstoffe aus Kalkpulver, Kohlefasern, Glasfasern, Aramidfasern, Holzmehl oder Keramik oder einer Mischung dieser Stoffe besteht.

16. Verbindungselement (1, 20, 30, 52, 67, 75, 80) gemäss einem der Patentansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass das Verbindungselement energierichtungsgebende Elemente (70) aufweist.

5 17. Verbindungselement (1, 20, 30, 52, 67, 75, 80) gemäss einem der Patentansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass das Verbindungselement (1, 20, 30, 52, 67, 75, 80) ein Bestandteil eines Scharniers ist.

10 18. Verbindungselement (1, 20, 30, 52, 67, 75, 80) gemäss einem der Patentansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass das Verbindungselement (1, 20, 30, 52, 67, 75, 80) zur Aufnahme von einem Befestigungselement oder einem Scharnier dient.

15 19. Verbindung hergestellt nach dem Verfahren gemäss einem der Ansprüche 1 bis 10 mit einem oder mehreren Verbindungselementen gemäss einem der Ansprüche 11 bis 18 dadurch gekennzeichnet, dass aufgeschmolzenes Material eines Verbindungselementes (1, 20, 30, 52, 67, 75, 80) im Gefüge eines Körpers (41, 50, 51, 65, 66) ausgehärtet ist.



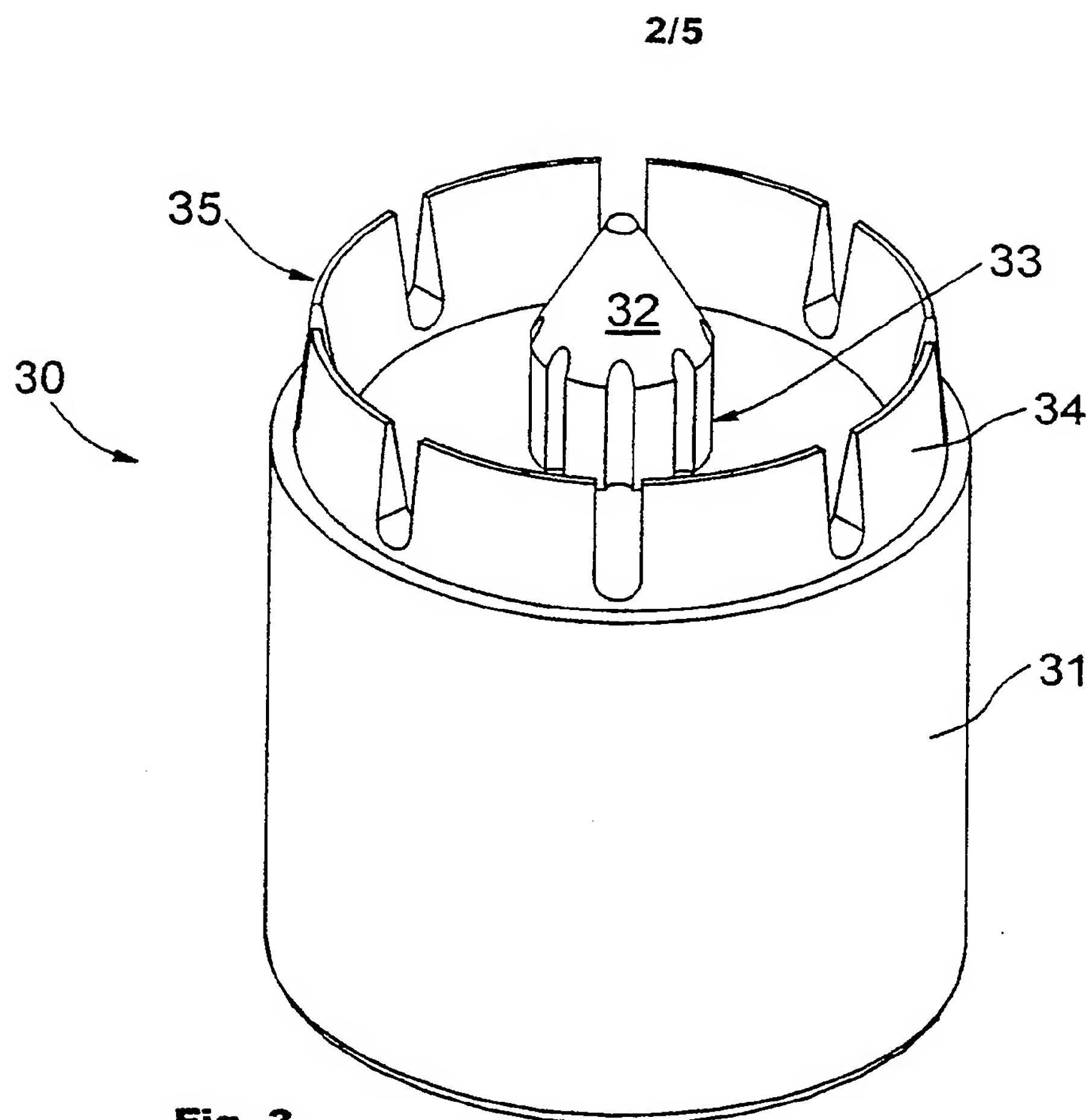


Fig. 3

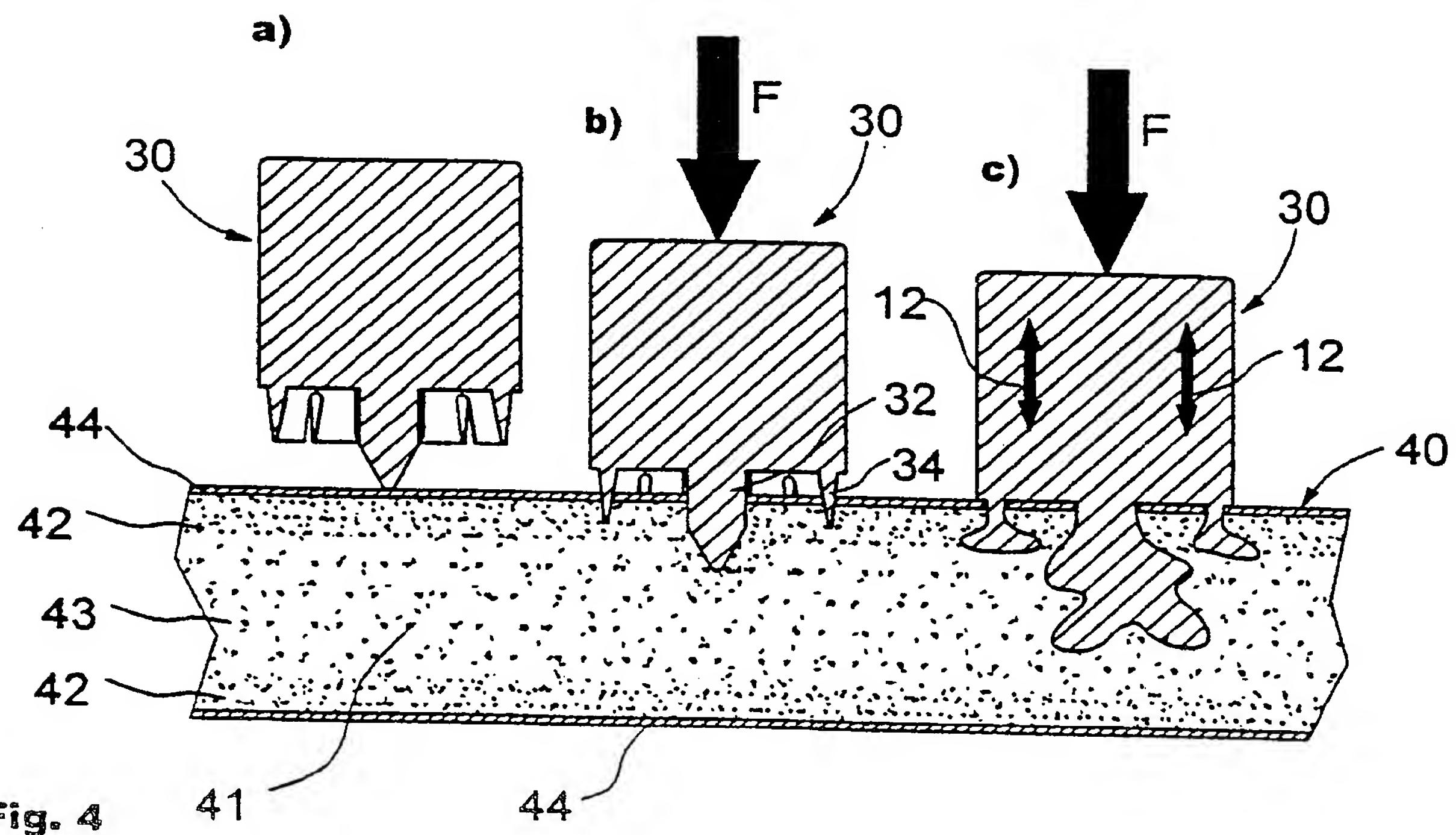


Fig. 4

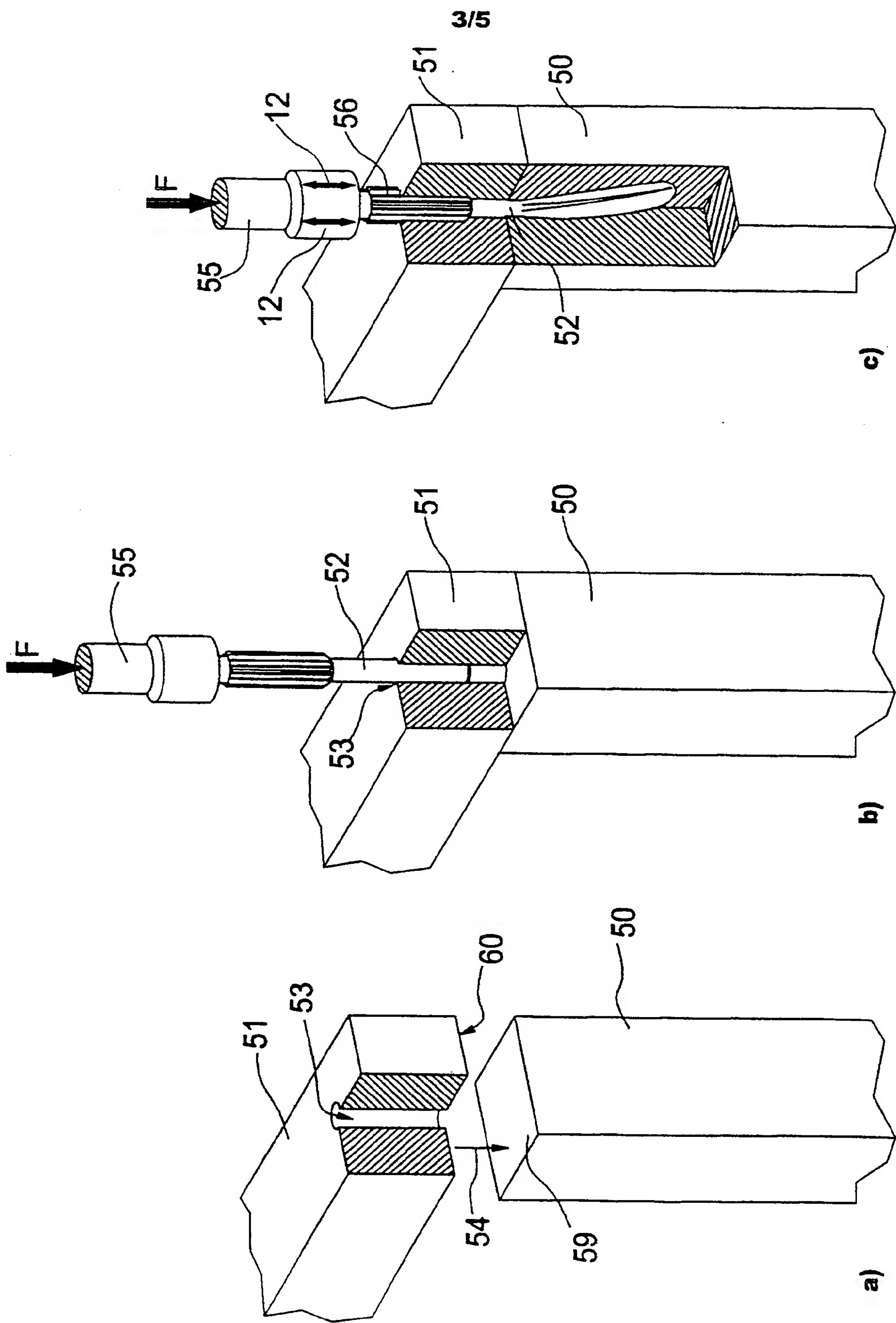
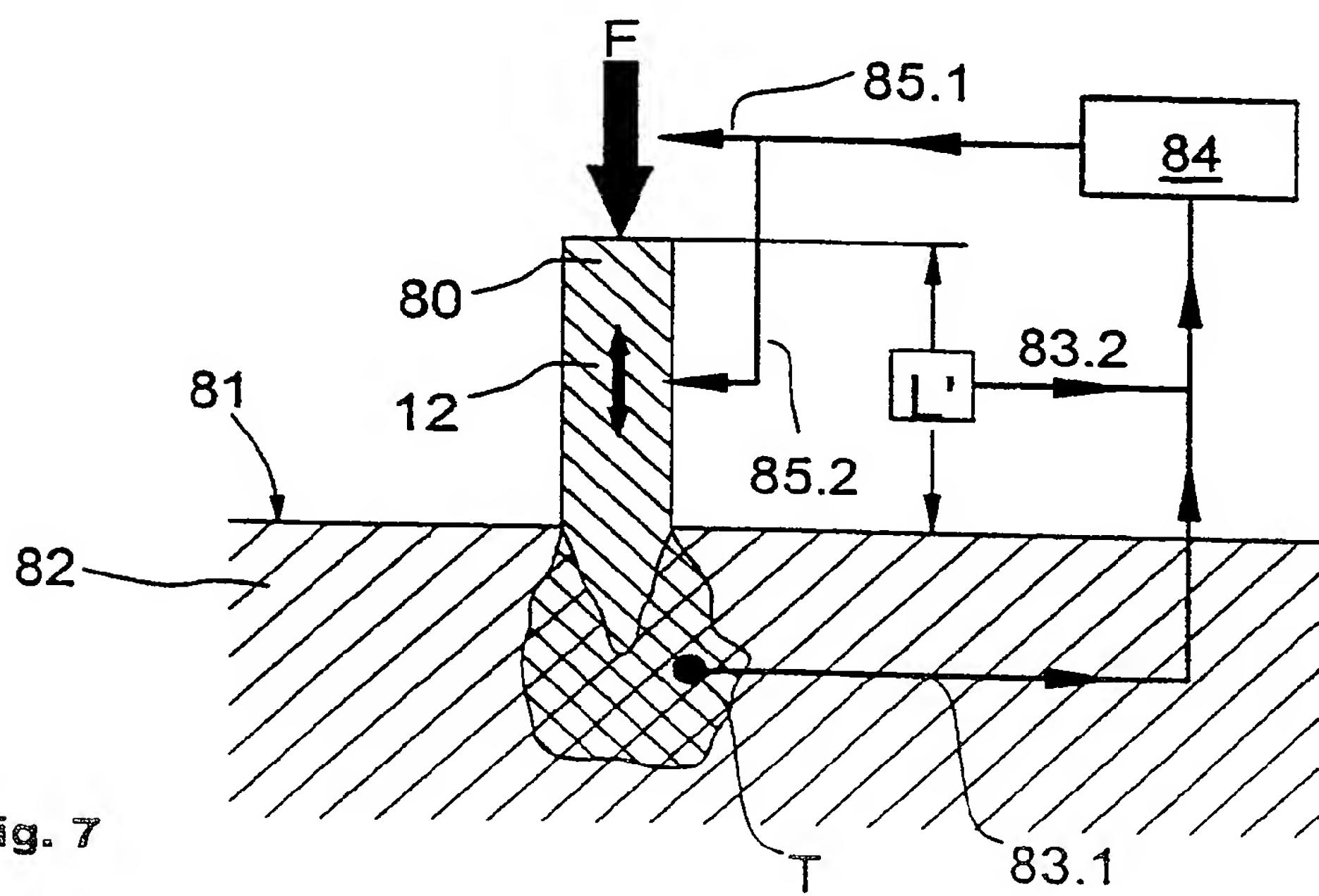
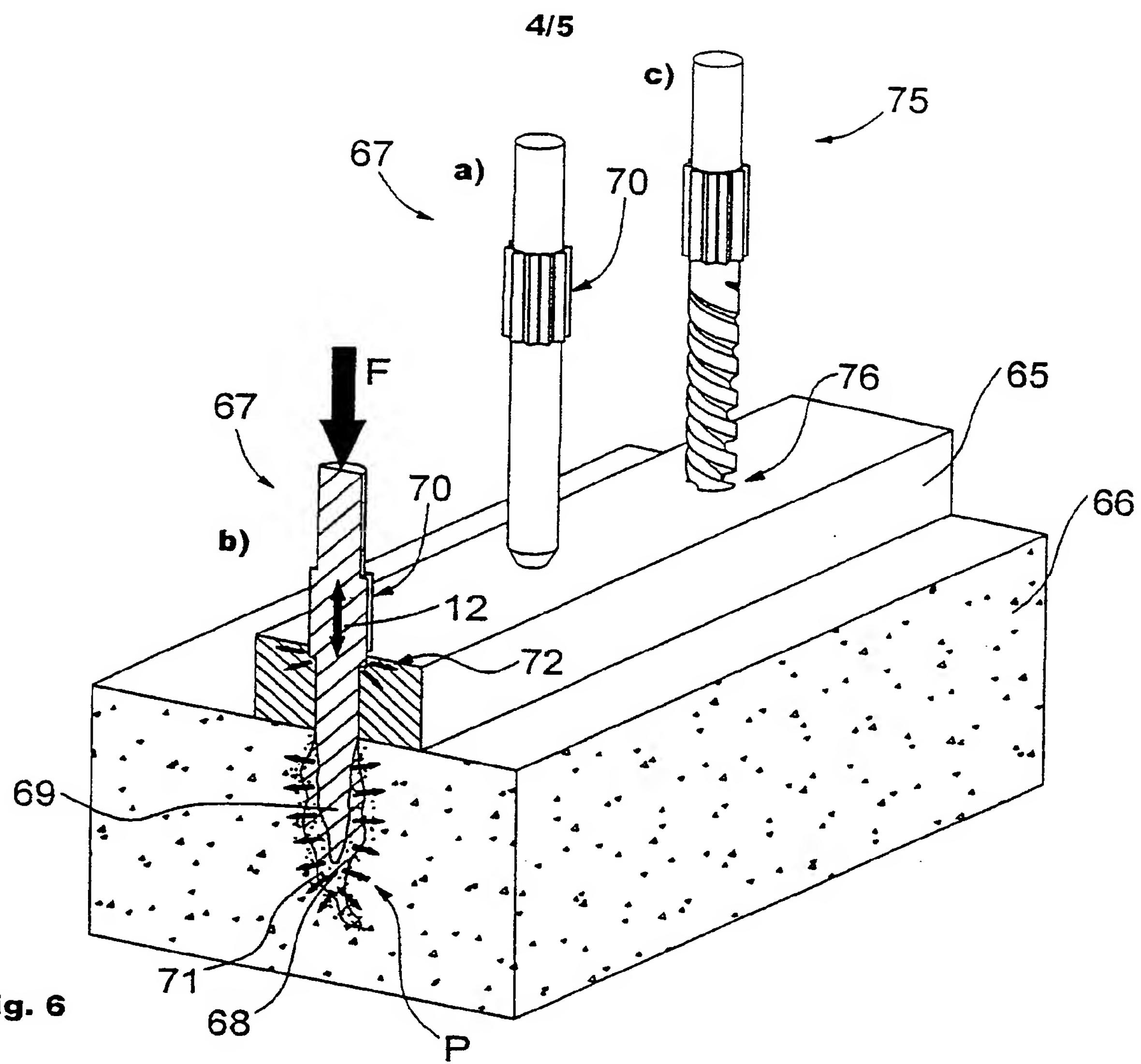


Fig. 5



5/5

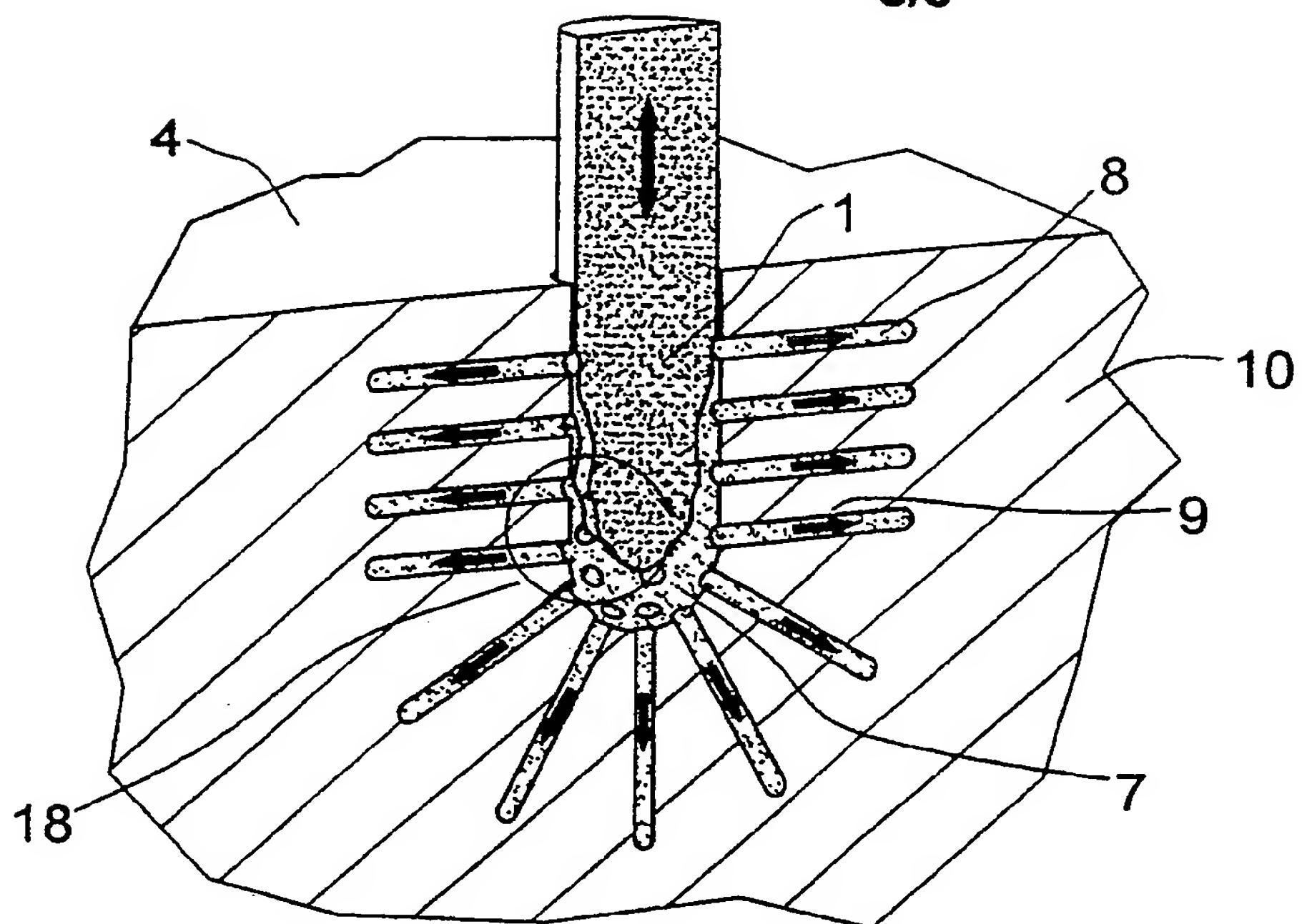


Fig. 8

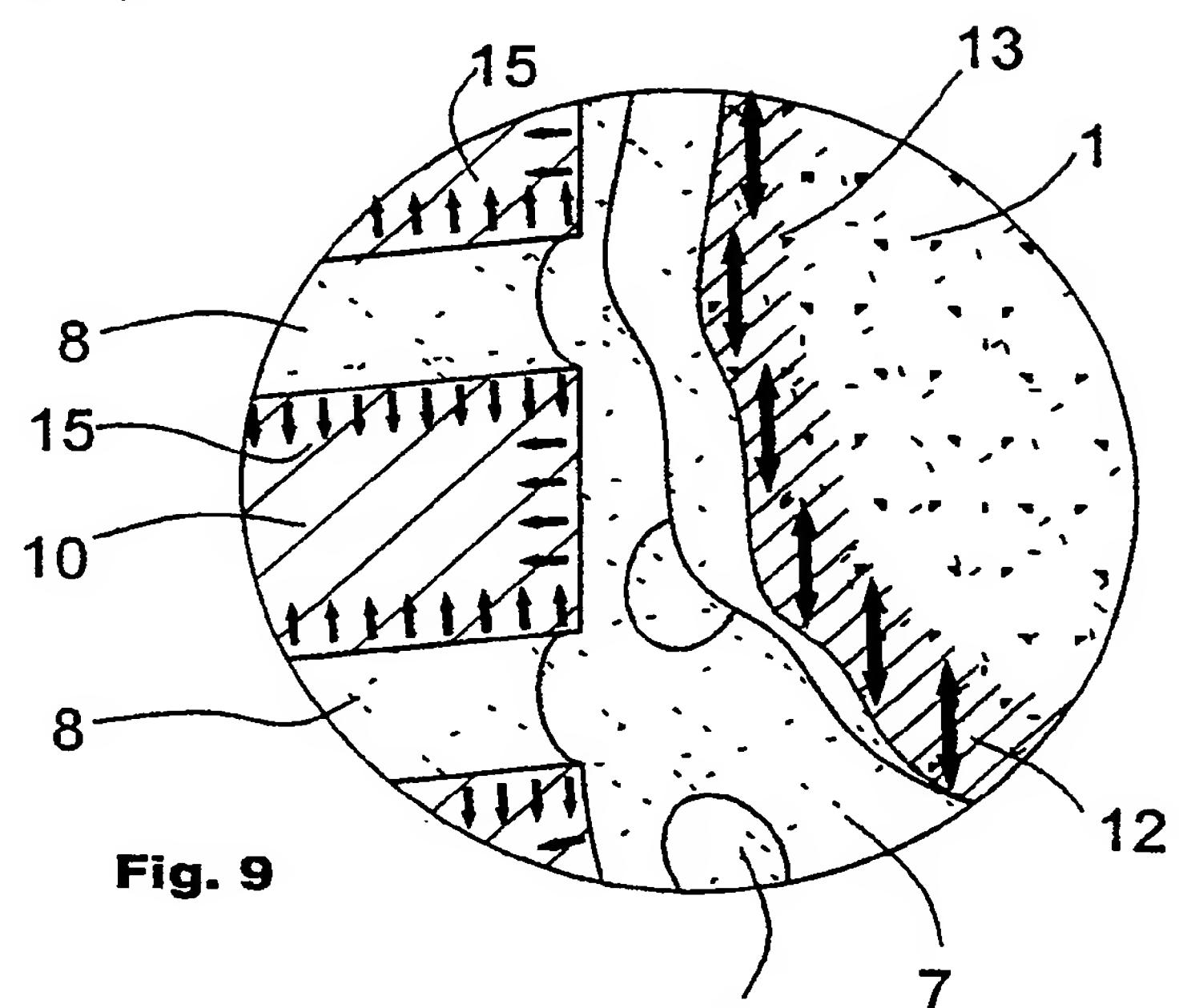


Fig. 9

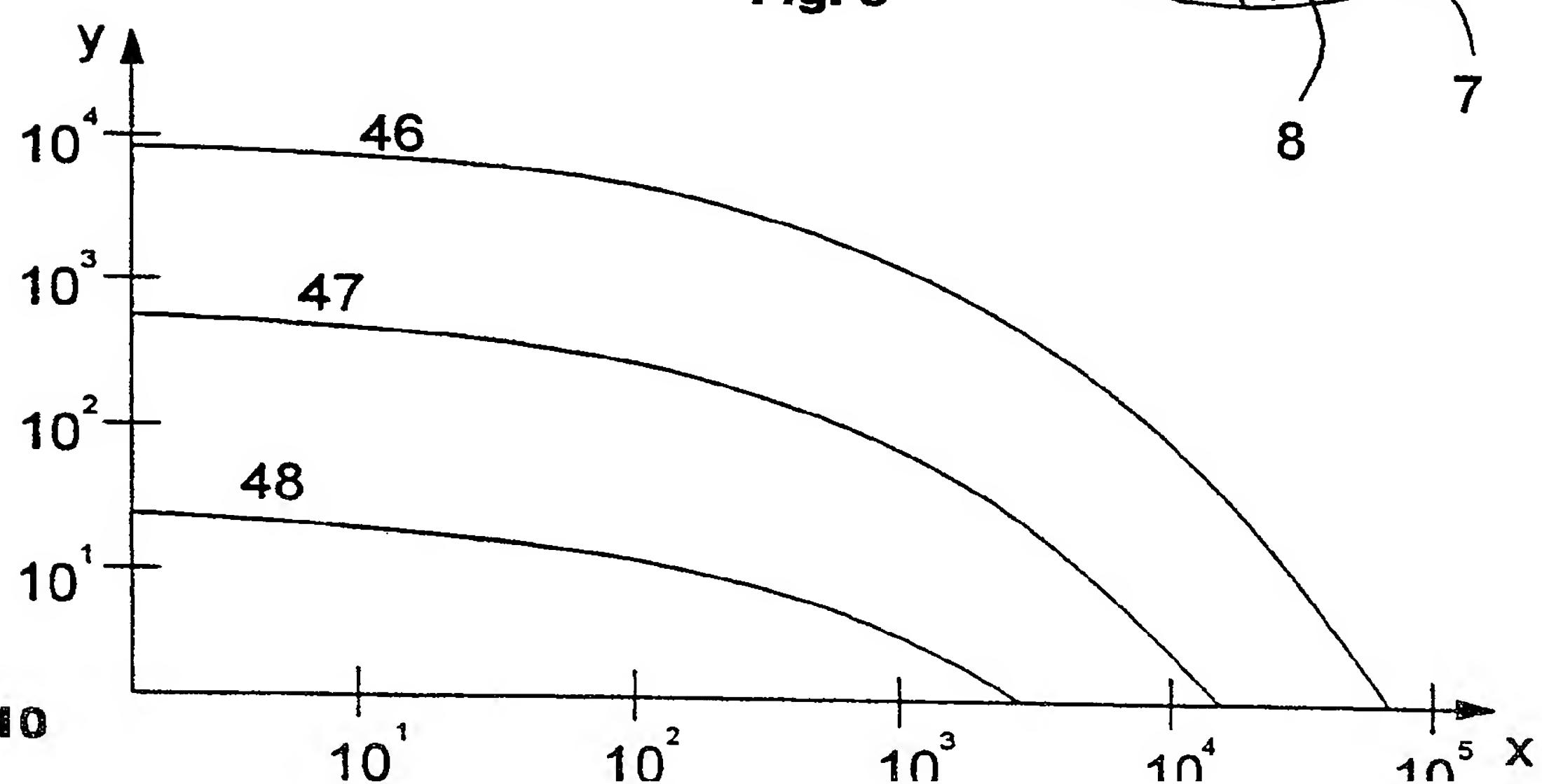


Fig. 10

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/CH 00/00328

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 F16B5/00 F16B15/00 B29C65/56

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 B29C F16B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 98 42988 A (CREAHOLIC SA ;MOCK ELMAR (CH); AESCHLIMANN MARCEL (CH); TORRIANI L) 1 October 1998 (1998-10-01)	1-10
X	page 17, line 13 - line 20; claims 15,19-22; figures ---	11-19
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 010, no. 286 (M-521), 27 September 1986 (1986-09-27) -& JP 61 104817 A (KIRIYAMA SHINKENZAI:KK;OTHERS: 01), 23 May 1986 (1986-05-23) abstract ---	11-15
A	EP 0 268 957 A (PHILLIPS PETROLEUM CO) 1 June 1988 (1988-06-01)	1
X	column 5, line 15 - line 21; claims 1-6 column 5, line 34; figure 9 ---	11,14,15
		-/-

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

5 October 2000

Date of mailing of the international search report

13/10/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Cordenier, J

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/CH 00/00328

**C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 96 01377 A (CREATEC PATENT HOLDING ;AESCHLIMANN MARCEL (CH); KOESTER HEINRICH) 18 January 1996 (1996-01-18) cited in the application page 18, line 8 - line 19 page 19, line 16 - line 21; figure 9 ---	1,7,9,10
X		11
A	FR 2 455 502 A (MECASONIC SA) 28 November 1980 (1980-11-28) claims; figures ---	1,3,10
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 004, no. 171 (M-044), 26 November 1980 (1980-11-26) -& JP 55 121024 A (TOYOTA MOTOR CORP), 17 September 1980 (1980-09-17) abstract; figures ---	1,4,11, 12,16
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 017, no. 709 (M-1535), 24 December 1993 (1993-12-24) -& JP 05 245941 A (YOKOHAMA RUBBER CO LTD:THE), 24 September 1993 (1993-09-24) abstract; figures ---	1,9,16
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1996, no. 03, 29 March 1996 (1996-03-29) -& JP 07 300904 A (MAKOTO IKUNO), 14 November 1995 (1995-11-14) abstract; figures ---	11,14,15

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/CH 00/00328

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)		Publication date
WO 9842988 A	01-10-1998	AU 6606298 A		20-10-1998
		EP 0968373 A		05-01-2000
		NO 994558 A		19-11-1999
JP 61104817 A	23-05-1986	NONE		
EP 0268957 A	01-06-1988	US 4761871 A		09-08-1988
		AU 595076 B		22-03-1990
		AU 8140587 A		26-05-1988
		BR 8706284 A		28-06-1988
		CA 1307684 A		22-09-1992
		EP 0392568 A		17-10-1990
		JP 1087907 A		03-04-1989
		NO 874845 A		24-05-1988
WO 9601377 A	18-01-1996	AU 2978695 A		25-01-1996
FR 2455502 A	28-11-1980	DE 3006021 A		20-11-1980
JP 55121024 A	17-09-1980	NONE		
JP 05245941 A	24-09-1993	NONE		
JP 07300904 A	14-11-1995	NONE		

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/CH 00/00328

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 F16B5/00 F16B15/00 B29C65/56

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 B29C F16B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	WO 98 42988 A (CREAHOLIC SA ;MOCK ELMAR (CH); AESCHLIMANN MARCEL (CH); TORRIANI L) 1. Oktober 1998 (1998-10-01)	1-10
X	Seite 17, Zeile 13 - Zeile 20; Ansprüche 15,19-22; Abbildungen ---	11-19
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 010, no. 286 (M-521), 27. September 1986 (1986-09-27) -& JP 61 104817 A (KIRIYAMA SHINKENZAI:KK;OTHERS: 01), 23. Mai 1986 (1986-05-23) Zusammenfassung ---	11-15
		-/-

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

° Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen  
"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist  
"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist  
"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)  
"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht  
"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist  
"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden  
"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist  
"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
5. Oktober 2000	13/10/2000
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter Cordenier, J

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/CH 00/00328

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 0 268 957 A (PHILLIPS PETROLEUM CO) 1. Juni 1988 (1988-06-01) Spalte 5, Zeile 15 – Zeile 21; Ansprüche 1-6 Spalte 5, Zeile 34; Abbildung 9 ---	1
X		11,14,15
A	WO 96 01377 A (CREATEC PATENT HOLDING ;AESCHLIMANN MARCEL (CH); KOESTER HEINRICH) 18. Januar 1996 (1996-01-18) in der Anmeldung erwähnt Seite 18, Zeile 8 – Zeile 19 Seite 19, Zeile 16 – Zeile 21; Abbildung 9 ---	1,7,9,10
X		11
A	FR 2 455 502 A (MECASONIC SA) 28. November 1980 (1980-11-28) Ansprüche; Abbildungen ---	1,3,10
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 004, no. 171 (M-044), 26. November 1980 (1980-11-26) -& JP 55 121024 A (TOYOTA MOTOR CORP), 17. September 1980 (1980-09-17) Zusammenfassung; Abbildungen ---	1,4,11, 12,16
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 017, no. 709 (M-1535), 24. Dezember 1993 (1993-12-24) -& JP 05 245941 A (YOKOHAMA RUBBER CO LTD:THE), 24. September 1993 (1993-09-24) Zusammenfassung; Abbildungen ---	1,9,16
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1996, no. 03, 29. März 1996 (1996-03-29) -& JP 07 300904 A (MAKOTO IKUNO), 14. November 1995 (1995-11-14) Zusammenfassung; Abbildungen ----	11,14,15

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/CH 00/00328

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
WO 9842988	A	01-10-1998	AU	6606298 A	20-10-1998
			EP	0968373 A	05-01-2000
			NO	994558 A	19-11-1999
JP 61104817	A	23-05-1986	KEINE		
EP 0268957	A	01-06-1988	US	4761871 A	09-08-1988
			AU	595076 B	22-03-1990
			AU	8140587 A	26-05-1988
			BR	8706284 A	28-06-1988
			CA	1307684 A	22-09-1992
			EP	0392568 A	17-10-1990
			JP	1087907 A	03-04-1989
			NO	874845 A	24-05-1988
WO 9601377	A	18-01-1996	AU	2978695 A	25-01-1996
FR 2455502	A	28-11-1980	DE	3006021 A	20-11-1980
JP 55121024	A	17-09-1980	KEINE		
JP 05245941	A	24-09-1993	KEINE		
JP 07300904	A	14-11-1995	KEINE		